Dr. med. Cornelia Raab

Sauerstoffatmung auf Erythrocytenzahl und Haemoglobingehalt

1945

Aus der Klinik für innere Medizin des
Städt. Krankenhauses Offenbach a. M.
Direktor: Professor Dr. A. I. ANTHONY

Der Einfluß von

Sauerstoffatmung auf Erythrocytenzahl und Haemoglobingehalt

des menschlichen Blutes

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der
JOHANN WOLFGANG GOETHE-UNIVERSITÄT
FRANKFURT A. M.

Vorgelegt von
CORNELIA RAAB
aus Offenbach a. M.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern

gewidmet!

Sauerstoffatmung wird in der Klinik bereits seit längerer Zeit zu verschiedenen Zwecken angewandt. Sie hat sich vor allem bei Störungen der Lungenlüftung bewährt, die zu einer ungenügenden Sauerstoffsättigung des arteriellen Blutes geführt haben. ‹Hypoxämie› Erfahrungsgemäß ist sie aber auch dann von Nutzen, wenn die Sauerstoffspannung im Gewebe durch Störung des Sauerstofftransportes vermindert ist, ‹z. B. bei Kreislaufkranken›. Auch zu anderen Zwecken wird Sauerstoffatmung vielfach benutzt, z. B. beim Höhenflug zur Verhütung der Höhenkrankheit, bei verschiedenen Atemgeräten, bei Narkosen, zur Behandlung von Hautemphysem, bei der Stoffwechseluntersuchung mit den sog. geschlossenen Systemen usw.

Um die Wirkung der Sauerstoffatmung auf den Körper beurteilen zu können, muß klargestellt sein, wie sich die Sauerstoffatmung auf Atmung, Kreislauf und Blut auswirkt.

Die folgenden Untersuchungen sollen sich mit der Einwirkung der Sauerstoffatmung auf Haemoglobin und Erythrocyten beschränken.

Bei Betrachtung der Wirkung der Sauerstoffatmung auf Erythro cytenzahl und Haemoglobingehalt kommt erst dadurch ein abge rundetes Bild zustande, daß die Untersuchungsergebnisse über das Verhalte von Erythrocytenzahl und Haemoglobingehalt bei Sauerstoffmangelatmun und Sauerstoffatmung nebeneinander betrachtet und in Vergleich gesetz werden.

Unter physiologischen Verhältnissen tritt Sauerstoffmangel bei Aufen halt in höheren Luftschichten auf. Der Wechsel kann einmal sehr rasc erfolgen (Fliegen, Fahrt mit der Seilbahn), d. h. innerhalb weniger Minuten zum anderen aber auch langsamer (Bergbesteigung). Der Sauerstoffmangel kan dabei kurzdauernd oder lange Zeit anhaltend sein. Bei Sauerstoffmangel ha sich unter physiologischen Verhältnissen eine Vermehrung der Erythro cytenzahl, sowie eine Erhöhung des Haemoglobingehalte feststellen lassen.

Diese Tatsache wurde zum ersten Male von *Viault* 1890 bei einem Aufenthalt in den peruanischen Anden in 4400 m Höhe aufgezeigt, wobe *Viault* zunächst nur die Erythrocytenzahl berücksichtigte. Ähnliche Er gebnisse erhielt auch Major *Hingston* bei den Eingeborenen des Pamir Plateaus in einer Höhe von 5550 m.

Seither wurden zahlreiche Untersuchungen in gleicher Richtung, und zwa unter Berücksichtigung auch des Haemoglobingehaltes, sowohl unter physio logischem, wie künstlich herbeigeführtem Sauerstoffmangel durchgeführt.

Auch schon kurzfristiger einmaliger Sauerstoffmangel führt zu einer Anstieg der Erythrocytenzahl und des Haemoglobingehaltes *(Brühl* und *Hanisch)* einem Verhalten, das auch bei ständigem Höhenaufenthalt z beobachten ist. — *Loewy* stellte darüber hinaus eine geringfügige Zunahm der Gesamtblutmenge fest. Die Zunahme der Erythrocyten erklärte *Kno* mit dem Auftreten von Mikrocyten, die nach seinen Untersuchungen bi zu 20% der Erythrocytenzahl betragen. *Loewy* und *Müller* führen si ebenfalls auf eine vermehrte Erythropoese im Knochenmark zurück Bei Versuchstieren (Hunden), die in der Höhe gelebt hatten, fand sich zell reiches rotes Knochenmark, während die im Flachland verbliebenen Kontroll tiere zellarmes gelbes Knochenmark aufwiesen.

Derartige Veränderungen sind allerdings nur bei längerem Aufenthalt in Höhenklima zu erwarten.

Immerhin wurde von anderer Seite *(von Bunge, Abderhalden)* auch bei raschem Höhenwechsel eine schnell einsetzende Erhöhung der absoluten Werte für Haemoglobin, sowie der Erythrocytenzahl beschrieben.

Diese bei Tierversuchen mit Kaninchen und Mäusen gewonnenen Ergebnisse treffen auch für den Menschen zu. So konnte *Gaule* bei Ballonfahrern und *Schnell* bei Fliegern gleichsinnige Beobachtungen machen, wobei gleichzeitig die rasche Reversibilität des Vorganges nach Rückkehr auf den Erdboden festgelegt wurde.

Die rasche Anpassung läßt als Erklärungsursache eine Neubildung der Zellen durch das Knochenmark als äußerst unwahrscheinlich ansehen. *(Barcroft.)* Die von *Abderhalden* und von *Bunge* herangezogene Verschiebung von Blutplasma ins Gewebe, also eine relative Vermehrung der Erythrocytenzahl, wird auch von *Naegeli, Schnell, Herbst, Schubert, Wintrobe* u. a. angeführt. Für einen Flüssigkeitsaustritt vom Blut in das Gewebe spricht auch die Eindickung des Serums, die von *Elias, Kaunitz* und *Laub* im Tierexperiment nachgewiesen wurde.

Neben dieser Flüssigkeitsverschiebung als sog. „Notmaßnahme" *(Barcroft)* wurden bei plötzlichen Umstellungen auch andere Faktoren für die Veränderung im roten Blutbild aufgezeigt. So nehmen *Barcroft* und *Bürker* an, daß aus den Blutspeichern, vor allem der Milz, Erythrocyten in den Kreislauf abgegeben werden. Damit wäre also eine Zunahme der absoluten Erythrocytenzahl zu erwarten, falls nicht andererseits Erythrocyten gleichzeitig aus dem Kreislauf in andere Organe abwandern.

Für eine Flüssigkeitsverschiebung vom Blut in das Gewebe spricht auch die von *Forbes, Colleb* und *Fermont-Smith* nachgewiesene Ödembildung im Zentralnervensystem nach CO-Vergiftung, wobei allerdings nicht ganz klar ist, ob nicht auch eine Kapillarwandschädigung durch CO ursächlich in Frage kommt.

Die bei längerem Aufenthalt in sauerstoffarmem Milieu als „endgültige Maßnahme" *(Barcroft)* bezeichneten Regulationen, bestehen nach *Naegeli* in einer Neubildung von Erythrocyten. Dafür spricht auch der von *Brühl* und *Hanisch* angegebene Anstieg der Retikulocyten.

Aus den Untersuchungen über die Wirkung des Sauerstoffmangels a
Haemoglobin und Erythrocyten ergibt sich folgendes:

„Sauerstoffmangel führt auch bei kurzdauernder Einwirkung sch
zu einer Zunahme des Haemoglobins und der Erythrocyten. Da
durch wird der Sauerstofftransport im Blut verbessert und d
Wirkung des Sauerstoffmangels zum Teil ausgeglichen"!

Ausgehend von Ergebnissen, wie sie bei Sauerstoffmangel gefunden wurde
ergibt sich die Frage, ob Sauerstoffzufuhr bei gesunden Mensche
eine gegenteilige Wirkung zur Folge hat, d. h. einen Abfall der Erythro
cytenzahl, Verminderung des Haemoglobingehaltes, Einströmen von Gewebs
flüssigkeit in die Blutbahn und damit eine Zunahme der Gesamtblutmeng

Zunächst wäre zu entscheiden, ob eine Sauerstoffatmung, sei es unt
Atmosphärendruck, sei es unter erhöhtem Druck, ohne nachteilige Wirkun
auf den menschlichen Organismus ist. Diese Frage erscheint um so meh
berechtigt, als bei den zuerst an Tieren ausgeführten Versuchen mit Sauer
stoffüberdruckatmung von 3—4 Atmosphären *(Bert, Haldane* und *Smith*
später *Bornstein)* Krämpfe und schließlich der Tod eintraten.

Selbst bei Sauerstoffatmung unter Atmosphärendruck konnten *Loewy* un
Meyer bei kleinen Tieren Zirkulationsstörungen, sowie Entzündunge
der Schleimhäute beobachten, während bei größeren Tieren Zirkulations
und Atmungsstörungen eintraten, dagegen Entzündungen nicht zum Aus
bruch kamen. *(David)* Bei länger anhaltender Einatmung von Sauersto
unter Atmosphärendruck (und zwar bei einer Dauer von zwei Tage
wurden krankhafte Veränderungen in der Lunge festgestellt, die vielfac
zum Tode führten, zum mindesten aber Erkrankungen hervorriefen.

In Analogie zu diesen Ergebnissen kann erwartet werden, daß sich de
Mensch gegenüber einer längeren Einwirkung von Sauerstoff widerstands
fähiger verhält. Es dürfte ihm unbedenklich eine über 8—10 Stunde
anhaltende Sauerstoffatmung zugemutet werden können. *(Loewy* un
Meyer.) (Clamann und *Becker-Freyseng* beobachteten bei Selbs
versuchen über drei Tage bei 90% Sauerstoff und Normaldruck Paräs
thesien an Fingern und Zehen, sowie bei einer Versuchsperson Lunge
veränderungen.)

Die ersten und ausgedehnten Untersuchungen über das Verhalten von Erythrocytenzahl und Haemoglobingehalt unter Sauerstoffatmung bei Mensch und Tier wurden von *Izumiyama* angestellt. Bei Mensch und Tier ergab sich bei Sauerstoffüberdruckatmung von 20 Minuten Dauer eine gleich starke Verminderung der Erythrocytenzahl, sowie eine gleich starke Verminderung des Haemoglobingehaltes und bei den Atmungsversuchen mit Sauerstoff unter Atmosphärendruck bei Tieren eine besonders starke Abnahme der Erythrocyten um bis zu einer Mill./ccm und des Haemoglobins um bis zu 15%. *Full* und *Friedrich* kamen selbst bei Menschen mit verschiedenen Krankheiten bei Sauerstoffatmung unter Überdruck über kurze Zeit zu den gleichen Resultaten. Als Erklärungsursache wurde sowohl von *Izumiyama,* als auch von *Full* und *Friedrich* angenommen, daß eine Einströmung von Gewebsflüssigkeit in das Blut stattfindet, mithin lediglich eine relative Verminderung der Erythrocytenzahl und des Haemoglobingehaltes eintritt. Für diese Annahme sprechen verschiedene Versuchsergebnisse, in erster Linie die von *Hitzenberger* und *Molenaar* festgestellte Zunahme der zirkulierenden Blutmenge, und zwar von 4,8 l auf 5,2 l, d. h. 8,1%, zum weiteren die von den gleichen Autoren beschriebene Verminderung des Serumeiweißgehaltes, *(Izumiyama)* schließlich auch die Volumenverminderung der Erythrocyten, die nach denselben Autoren 6% beträgt. Zu dem gleichen Ergebnis gelangten *Schmidt-Lange* und *Podlowsky.* — Die Verkleinerung der Erythrocytendurchmesser kann aus den kolloid-osmotischen Verschiebungen erklärt werden.

Eine Erythrocytenzerstörung als Ursache für die verminderte Erythrocytenzahl ist nicht anzunehmen, weil die Veränderungen sehr rasch nach Einsetzen der Sauerstoffatmung eintreten, zum weiteren aber auch rasch reversibel sind. Diese Reversibilität geht auch aus den Versuchen von *Hitzenberger* und *Molenaar* hervor, die nur eine fast unmerkliche Abnahme der Erythrocytenzahl und des Haemoglobingehaltes fanden, die nach *Anthony* zweifellos darauf zurückzuführen ist, daß die Kontrolluntersuchung den Untersuchungen des roten Blutbildes 24 Stunden voraus ging. Die ausgeprägtesten Verschiebungen im roten Blutbild sind unter Sauerstoffatmung in Verbindung mit erhöhtem Atmospärendruck nachzuweisen. *(Izumiyama.)*

Anthony kam in seinen Arbeiten 1938 und 1939 zu den gleichen Resultaten, stellte außerdem aber fest, daß nicht nur bei Absetzen, sondern

auch bei Fortführen der Sauerstoffatmung die Veränderungen im rote Blutbild eine rasche Reversibilität aufweisen. *Anthony* verweist darüb hinaus auf die Tatsache, daß sich die Verminderung der Erythrocytenzal und des Haemoglobingehaltes n i c h t gleichsinnig verhält, und zwar, da die Erythrocytenzahl eine deutlich stärkere Abnahme aufweist als de Haemoglobinwert. So z. B. fand sich bei einer Versuchsreihe ‹15 Minute Sauerstoffatmung› eine Verminderung der Erythrocytenzahl im Mittelwert un 7,8%, dagegen des Haemoglobingehaltes im Mittelwert um 3,3%. — Gleich artige Verhältnisse ergeben sich schon aus den Versuchen von *Izumiyama* ohne daß diesem allerdings die Unterschiedlichkeit aufgefallen zu sein schein ‹Es ist in diesem Zusammenhang von Interesse zu wissen, daß *Loew* bei seinen Versuchen mit Sauerstoffmangelatmung ebenfalls ein ungleich artiges Verhalten von Haemoglobin und Erythrocyten fand, nämlich einen stärkeren Anstieg des Haemoglobinwertes als der Erythrocytenzahl.› De mittlere Haemoglobingehalt des einzelnen Erythrocyten zeigt eine gering Zunahme. *Anthony* zieht daraus den Schluß, daß andersartige, und zwar haemoglobinreichere Erythrocyten in den Kreislauf gelangt sein müssen. Es bleibt dabei allerdings die Frage offen, woher diese Erythro cyten stammen.

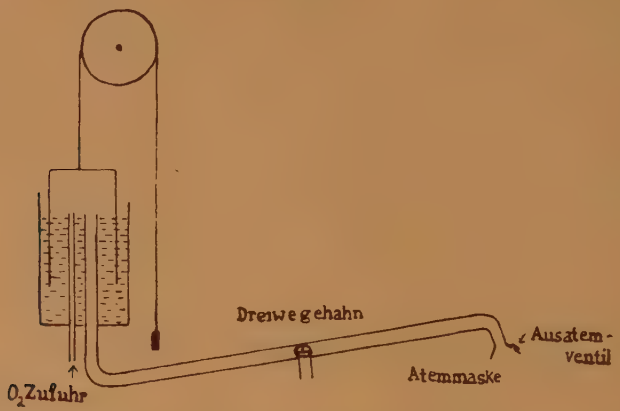
Mit Rücksicht auf die grundsätzliche Bedeutung dieser Befunde habe ich die Angaben *Anthonys* nachgeprüft und Versuche mit Sauerstoffatmung bis zu zwei Stunden durchgeführt.

Versuchsanordnung: Die Untersuchungen wurden in der Zeit zwischen 7 und 8 Uhr vormittags begonnen. Die Versuchspersonen waren noch nüchtern. Sie lagen auf einem Ruhebett in einem Untersuchungszimmer. Bei der Versuchsanordnung wurde Wert darauf gelegt, daß keine Beeinflussungen der Versuchspersonen durch Umweltreize stattfand, da diese, vor allem die Sinneswahrnehmungen akustischer Art, erfahrungsgemäß zu einer Beeinflussung der Atmungstiefe und -frequenz führen. Außer der Versuchsapparatur, die im Rücken der Versuchsperson aufgestellt wurde, befanden sich keine Apparaturen im Untersuchungsraum. Auch wurden bei den Versuchen keine Personen außer dem Untersucher zugelassen. Es wurde außerdem Wert auf eine gleichmäßige Zimmertemperatur gelegt, (etwa 25°. Die Versuche wurden alle im Sommer ausgeführt.)

Nach 15 Minuten Ruhelage wurden zunächst die Erythrocyten- und Haemoglobinwerte ohne Einfluß der Sauerstoffatmung untersucht. Mit einer Rasierklinge wurde eine gut blutende Wunde erzeugt und die Blutentnahme erst einige Minuten nach erfolgter Läsion vorgenommen. Nach *Bürker* eignet sich zur Blutentnahme besonders der vierte Finger der linken Hand unter anderem auch deshalb, weil die durch die Manipulationen hervorgerufenen Änderungen des Kapillarblutes in der Fingerkuppe geringer als an anderen Körperstellen, wie z. B. dem Ohrläppchen sind. Der aus der Wunde quellende erste Blutstropfen wurde abgewischt, da hierin das spezifische Gewicht und somit die Erythrocytenzahl größer sein soll. *(Grawitz.)* Erst der zweite Blutstropfen wurde zum Versuch verwandt.

Zunächst wurde nach Aufsetzen der Atmungsmaske Außenluft geatmet, und, nach Erreichen gleichmäßiger Atmungsbewegungen und einer gleichmäßigen Atmungsfrequenz durch Drehung des Dreiwegehahnes von der Versuchsperson unbemerkt die Verbindung mit dem Spirometer hergestellt, das auf der anderen Seite mit der Sauerstoffbombe verbunden war (siehe

Abbildung!). Das zwischengeschaltete Spirometer erlaubt einmal eine genau Registrierung der Atmungstiefe, sowie der Atmungsfrequenz und bewirkt daneben eine gewisse Feuchtigkeitsanreicherung des Sauerstoffs. Durch diese Versuchsanordnung wurden außerdem erhöhte Atemwiderstände vermieden.



Nach der Sauerstoffatmung wurde die zweite Blutprobe ohne erneuten Einschnitt entnommen und erst dann die Atmung abgesetzt.

Die Bestimmung des Haemoglobins erfolgte nach der von *Bürker* angegebenen Methode unter Benutzung des Kompensationskolorimeters.

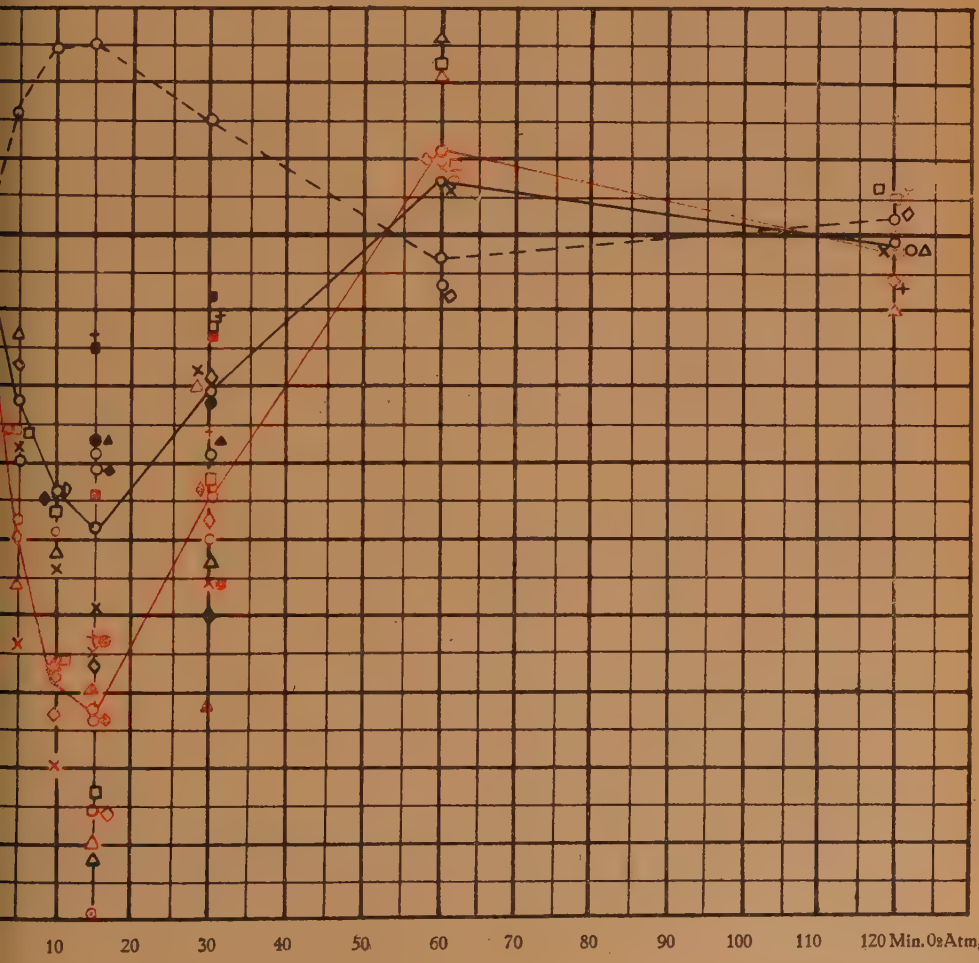
Das Haemoglobin wurde mit Natriumhydrosulfit reduziert, da dieses schon in kleinsten Mengen und somit ohne wesentliche Änderung der Konzentration des Farbstoffes wirksam ist. Der mittlere Fehler ist nach dieser Bestimmung viel geringer als nach der von Sahli und anderen angegebenen Methoden und beträgt $\pm$ 1%.

Auch die Erythrocytenzahl wurde nach der Methode von *Bürker* bestimmt, die gegenüber der von Thoma-Zeiß wesentliche Vorzüge aufweist. So wird vor allem eine ungleiche Verteilung der Erythrocyten auf die Zählfläche vermieden. Von großem Vorteil ist auch, daß zwei getrennte Zählräume mit weitmaschigen Zählnetzen vorhanden sind. Auch die mit einer Reihe von Fehlern behaftete Mischpipette ist durch verschiedenartige Pipetten für die getrennte Entnahme von Blut und Verdünnungsflüssigkeit ersetzt, die Mischung geschieht also erst in einem Rundkölbchen. Das mit dieser Methode erzielte Zählresultat ist mit einem mittleren Fehler von

± 2,3 % behaftet, der ebenfalls weit unter dem der anderen Methoden liegt. — Es wurden je 3×80 Quadrate bei 43 Untersuchungen ausgezählt.

Für jeden Versuch wurde eine andere gesunde Versuchsperson gewählt, nur die Versuche von 5 und 10 Minuten Sauerstoffatmung wurden jeweils an den gleichen Versuchspersonen durchgeführt, d. h. nach 5 Minuten Sauerstoffatmung wurde die zweite Blutprobe entnommen, ohne die Sauerstoffatmung abzusetzen. Nach 10 Minuten Sauerstoffatmung erfolgte die letzte Entnahme. —

Alle Versuchspersonen reagieren annähernd ähnlich:



Befunde: Aus den beigefügten graphischen Darstellungen der Unter suchungsergebnisse ergibt sich folgendes:

Nach Einsetzen der Sauerstoffatmung tritt ein zunächst rascher Abfall vo Erythrocytenzahl und Haemoglobingehalt auf. Der Tiefpunkt wird nac 15 Minuten erreicht, der Abfall der Erythrocytenzahl ist erheblich größe als der des Haemoglobingehaltes, und zwar ist das prozentuale Verhältni 6,3/3,9. In der Zeitspanne zwischen 15 und 30 Minuten liegt die Umkeh des Kurvenverlaufes. Der Anfangswert wird sowohl für Haemoglobin gehalt, wie Erythrocytenzahl etwa bei 52 Minuten erreicht. Danach setz ein Anstieg der Kurve über den Anfangswert hinaus ein, wobei der Anstie nach 60 Minuten für die Erythrocyten 1,1 %, für das Haemoglobin 0,7 % über den Anfangswert beträgt. Aus der weiteren Fortführung des Versuche geht hervor, daß nach 120 Minuten der Ausgangspunkt erreicht, bezw. soga leicht unterschritten ist. Die gefundenen Werte decken sich mit den vo *Anthony* 1938 und 1939 aufgefundenen. — Der erste Scheitelpunkt is aus der gegebenen Versuchsreihe nicht genau zu ermitteln. Er liegt nac *Anthony* bei 20 Minuten nach Versuchsbeginn, was auch nach dem hie aufgezeichneten Kurvenverlauf wahrscheinlich sein dürfte. Der erste Schnitt punkt der Kurve mit der Abszisse, d. h. die Erreichung des Anfangswerte liegt etwa bei 50 Minuten, wobei sich dieses Resultat ebenfalls mit de *Anthonys* deckt. Danach erfolgt, was bisher in keiner Untersuchungs reihe berücksichtigt worden war, ‹die Versuchsreihen von *Anthony* erstrecke sich maximal über 50 Minuten› ein Anstieg der Kurve über die Abszisse wobei nach 60 Minuten der zweite Gipfel der Kurve erreicht ist. Aller dings liegt hierbei die Höhe des Anstiegs wie die Senkung der Kurven endwerte unter die Anfangswerte innerhalb der durch die Versuchsmethod bedingten Fehlergrenze. Es muß aber immerhin die Möglichkeit offen ge lassen werden, daß in der Versuchsdauer zwischen 60 und 120 Minute der Erythrocyten-, bzw. Haemoglobinanstieg noch über den 60 Minuten wert hinausgehen kann.

Es sei schließlich noch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß sich bei der anfänglichen Abnahme von Erythrocytenzahl und Haemoglobinwerten eine Abweichung dahingehend ergab, daß die Erythrocytenzahl erheblich stärker vermindert wurde als es dem Abstieg des Haemoglobinwertes entsprach. Daraus ergibt sich eine Änderung des Haemoglobinwertes, bezogen auf die Erythrocytenzahl (sog. HbE-Wert). Dieser wurde auf Grund der Mittelwerte berechnet. Während der Sauerstoffatmung zeigt der durchschnittliche Haemoglobingehalt eines Erythrocyten eine geringe Zunahme, mit Ausnahme der 60 Minutenatmung, bei der eine Abnahme von 0,3 % gefunden wurde (siehe Kurven!).

Besprechung: Die erhaltenen Ergebnisse bestätigen, daß Sauersto
atmung zu einer Verminderung der Erythrocyten und des Haem
globins führen. Diese Verminderung ist aber nur vorübergehend, soc
nach einer Stunde die Ausgangswerte erreicht sind. Es tritt sogar eine gerir
Überhöhung der Ausgangswerte ein.

Eine Erklärung für das Übersteigen der Anfangswerte soll hier noch ni
gegeben werden, man muß jedoch an eine überschüssige Reaktion unb
kannter Art denken, ein Verhalten, wie es von vielen Reaktivmaßnahm
des Organismus — hier sei z. B. an das Verhalten des Blutzuckerspieg
beim Staub-Traubeschen Versuch erinnert — bekannt ist. Da der Ansti
über die Anfangswerte innerhalb der Fehlergrenze der Untersuchung
methode liegt, es aber auch möglich ist, daß sich hierin eine gewisse Geset
mäßigkeit ausdrückt, kann eine absolut stichhaltige Hypothese dieser A
noch nicht aufgestellt werden.

Wie *Izumiyama* zeigte, ist die Veränderung der Erythrocyten- u
Haemoglobinwerte zu einem Teil auf Blutverdünnung zurückzuführen. Der
entsprechend fanden *Hitzenberger* und *Molenaar* auch eine Zunahr
der Blutmenge.

Ob die nach 20 Minuten einsetzende Zunahme der Erythrocyten und d
Haemoglobins ebenfalls auf Veränderung des Blutwassergehaltes zurüc
zuführen ist, kann auf Grund dieser Befunde nicht entschieden werden. D
Untersuchungen der Eiweißwerte werden weitere Klärung bringen.

Wahrscheinlich ist die Zunahme der Erythrocyten- und Haemoglobinwer
in erster Linie auf andere Ursachen zurückzuführen. In diesem Zusamme
hang ist das Verhalten des HbE-Wertes von besonderem Interesse.

Anthony stellte in seinen Versuchen mit kurzdauernder Sauerstoffatmu
1938 und 1939 eine Zunahme der HbE-Werte fest. Diese Tatsache wi
auch durch die vorliegende Arbeit bestätigt. *Anthony* erklärte sie dam

daß entweder haemoglobinreichere Erythrocyten in die Blutbahn gelangen oder haemoglobinarme Erythrocyten die Blutbahn verlassen. — Auf jeden Fall zeigt die Veränderung des HbE-Wertes, daß die Blutbefunde bei Sauerstoffatmung durch eine Zunahme des Blutwassergehaltes nicht vollständig erklärt werden können, sondern daß außerdem eine Änderung in der Erythrocytenzusammensetzung eingetreten sein muß.

Zusammenfassung.

1. Die Wirkung von Sauerstoffatmung auf Erythrocyten, Haemoglobi und HbE-Wert wird an 43 Versuchspersonen untersucht.

2. Sauerstoffatmung führt zu einer vorübergehenden Abnahme der Erythro cyten und des Haemoglobins. Der niedrigste Wert wird nach etw 15—20 Minuten gefunden. Nach einer Stunde sind die Ausgangs werte wieder erreicht. Das Haemoglobin wird um maximal 3,9 % die Eyrothrocyten um 6,3 % vermindert.

3. Die HbE-Menge nimmt bei Sauerstoffatmung vorübergehend zu un zwar um maximal 2,5 %.

4. Die Veränderungen der Erythrocyten und des Haemoglobins sind i erster Linie wahrscheinlich durch Erhöhung des Blutwassergehalte erklärt. Die Veränderung des HbE-Wertes weist jedoch darauf hin daß außerdem wahrscheinlich haemoglobinreiche Erythrocyten in di Blutbahn einströmen.

Literaturverzeichnis.

Anthony, A. I.: „Funktionsprüfung der Atmung". 1937.

und Biedenkopf: „Der Einfluß kurzdauernder Sauerstoffatmung auf Haemoglobingehalt und Erythrocytenzahl des menschlichen Blutes". I. Mittlg. ⟨Zeitschr. f. exp. Med. 1938, 103. s. a. Kongr. Z. Bl. Innere 1938, 96. B., S. 478⟩.

Anthony, A. I.: „Der Einfluß kurzdauernder Sauerstoffatmung auf Haemoglobingehalt und Erythrocytenzahl des menschlichen Blutes". II. Mittlg. ⟨Zeitschr. f. exp. Med. 1939, 105. s. a. Kongr. Z. Bl. Innere 1939, 101. B., S. 30⟩.

und Bechthold: „Der Durchmesser menschlicher Erythrocyten bei Sauerstoffatmung". ⟨Zeitschr. f. exp. Med. 1939, 105. Bl., S. 423—429, s. a. Kongr. Z. Bl. Innere 1939, 101. B., S. 29⟩.

Anthony, A. I.: „Sauerstoff und Kreislauf". ⟨Luftf. Med. 1939, S. 4, 11—13, s. a. Kongr. Z. Bl. Innere 1939, 103. B , S. 289.⟩

„Über Sauerstoffatmung". ⟨Dsch. med. Wochenschr. 1940, I., S. 482, 484, s. a. Kongr. Z. Bl. Innere 1941, 106. B., S. 670.⟩

Arch. Krlf.-Forschg.: 2., 1938, S. 192—209:
„Tierversuche über Sauerstoffmangel und Erstickung"
s. a. Kongr. Z. Bl. Innere 1938, 95. B., S. 545.⟩

Barcroft, I.: „Die Atmungsfunktion des Blutes". I., 1927.

Binet, Leon, Bochet: „Über sauerstoffreiche Luftgemische".
⟨J. Physiol. et de Path. Gen. 37. B., 1939, S. 524—535
s. a. Kongr. Z. Bl. Innere, 1940, 107. B., S. 331.
„Überangebot von Sauerstoff und Erythrocytenverminderung"
⟨Sang 14. B., 1941, S. 433—440, s. a. Kongr. Z. Bl. Innere, 1942, 110. B., S. 511.⟩

Büchner, F.: „Die pathologische Wirkung des Sauerstoffmangels, insbesondere bei der Höhenkrankheit und dem Höhentod".
⟨Klin. Wochenschr. 1942.⟩

Bürker, K.: „Die physiologische Wirkung auf das Blut".
⟨Zeitschr. f. Biologie 1913, 61. B., S. 379.⟩
„Genauere Haemoglobinbestimmung und Erythrocytenzählung".
⟨Handbuch der biolog. Arbeitsmeth., Abtg. 4. T. 4, 1927.⟩

v. Brühl, W. und Hanisch, K.: „Das Verhalten des menschlichen Blutbildes bei wiederholter kurzdauerndem Sauerstoffmangel".
(Klin. Wochenschr. 1942.)

Clamann, H. G., Becker-Freysering: „Einwirkung von Sauerstoff auf den Organismus bei höherer als normalem Partialdruck unter besonderer Berücksichtigun des Menschen".
(Luftf. Med. 4, 1939, S. 1—10, s. a. Kongr. Z. Bl. Innere 1940 10. B., S. 241.)

Fitzgerald, Mason, O. M., Ferzar, F.: „Änderung der Erythrocytenzahl im Hochgebirge".
(Kongr. Z. Bl. Innere, 1940, 105. B., S. 454.)

Full und Friedrich: „Wirkung von Sauerstoffüberdruckatmung auf die Blutzusammensetzung".
(Klin. Wochenschr. 1923, S. 69)

Hitzenberger, A. und Mollenaar, H.: „Der Einfluß von Sauerstoffatmung auf das Blut normale Menschen".
(Klin. Wochenschr. 1934, II., S. 1599)

Hamburger: „Observation on the effects of oxygenthearapy".
(J. amer. med. assoc. 1932, Mai 21, s. a. Zentr. Bl. für Innere Med. 1933, S. 199)

Hingston, R. W. G.: „Die phys. Schwierigkeiten bei der Besteigung des Mount Everest". („Die Atmungsfunktion des Blutes". I., 1927 Barcroft.)

Horneffer, L.: „Das Blut des Menschen mit neueren Methoden untersucht"
(Archiv f. Phys. 1928, 220. B., S. 703.)

Humperdunk, K.: „Zur Frage colorimetrischer Bestimmung des Haemoglobins als reduziertes Hb oder als salzsaures Haematin".
(Dsch. Arch. klin. Med. 1939, 108. B., S. 379—386.)

Krajewski, Fransiszek: „Die Wirkung der verdünnten Luft während der Sauerstoffatmung auf die Zahl der Erythrocyten, sowie auf den Haemoglobingehalt des menschlichen Blutes".
(Bull. internat, Akad. pol. Sci. Cl. Med. 1939, Nr. 9/10, Seite 737—745) (s. a. Kgr. Z. Bl. f. Bl. Inn. 1940, 107. B. S. 331.)

Kroetz, Ch.: „Die Sauerstoffbindungskurve des menschlichen Blutes".
(Zentr. Bl. f. Innere Med. 1935, S. 739.)

Knipping, H. W.: Zimmermann, G.: „Über die Sauerstofftherapie bei Herz- und Lungenkranken".
(Zeitschr. Klin. Med. 124., H. 5/6, s. a. Zentr. Bl. f. Innere Med. 1934, S. 216.)

Loewy, A.: „Untersuchungen über Respiration und Zirkulation". 1895.

und Meyer: „Über künstliche Atmung mit und ohne hochprozentigen Sauerstoff". (Veröffentlichungen aus dem Gebiete des Militärsanitätswesens. 1918—25, S. 73—78.)

Marx, H.: „Der Wasserhaushalt des gesunden und kranken Menschen". 1935 „Haemoglobinschwankungen und Wasserhaushalt". (Klinische Wochenschr. 1927, S. 947.)

Matthes, K.: „Über Einfluß von Sauerstoffmangel auf den peripheren Kreislauf". (Verh. dsch. Ges.-Kreislaufforschung 1941, S. 109—112)
Falk, R.: (s. a. Kongr. Z. Bl. Innere 1942, 110 B., S. 621)

Meyer, P.: „Die Bedeutung der Haemoglobinvermehrung bei Sauerstoffmangel". (Zeitschr. Klin. Med. 120., H. 3/4, s. a. Zentr. Bl. Innere Med. 1933, S. 620.)

Naegeli, O.: „Blutkrankheiten und Blutdiagnostik". 1919.

Nolli, B.: „Die Bestimmung der zirkulierenden Blutmenge und ihre Bedeutung für die wirklich vorhandene Menge der Er. u. d. Hb." (Riforma med. 49. B., Nr. 42, s. a. Zentr. Bl. f. Innere Med. 1934, S. 635.)

Proc. roy. Soc. Med.: 30., 1937, S. 995—1006: „Respiration in high flying".

Schmoll, G.: „Das Blut des Menschen mit verschiedenen Methoden untersucht". (Pflüger's Archiv für Phys. 1931, 227., S. 160.)

Seifarth, C.: „Über die Blutveränderung bei Luftdruckerniedrigung". (Höhenklima.) (Klin. Wochenschr. 6. Jahrg., Nr. 11, s. a. Zentr. Bl. für Innere Med. 1927, S. 1196.)

Sonne, C.: „Die theoretische Begründung der Sauerstoffinhalationstherapie". (Schweiz. med. Wochenschr. 1940, II., S. 1208—1219, s. a. Kongr. Z. Bl. Innere 1941, S. 471, B. 107.)

Sorensen: „Über Schwankungen im Haemoglobingehalt des Kapillarblutes". (Nord. Med. Stockh. 1941, S. 1117—22, s. a. Kongr. Z. Bl. Innere 1942, 109. B., S. 703.)

Strughold: „Sauerstoffatmung und Höhenluft".
(Kongr. Z. Bl. Innere 108. B., S. 425.)

Uhlenhuck: „Das Versagen des rechten Herzens (Prognose und Therapie"). (Zentr. Bl. für Innere Med. 1932, S. 970.)

Walterhöfer, G.: „Untersuchungen über Haemoglobin und Erythrocytenschwankungen". (Klin. Wochenschr. 1927, S. 350, s. a. Zentr. Bl. für Innere Med. 1927, S. 703.)

Zum Schlusse meiner Arbeit möchte ich Herrn Professor *Anthony* und Herrn Oberarzt *Bröder* für die gütigen Anleitungen bei der Ausführung der Versuchsreihen bestens danken. Besonderen Dank Herrn Professor *Anthony* für die freundliche Überlassung des Themas!

Anhang.

Erythroc. in 10^6 **Hb in gr %**

1. Versuchsreihe:

Vp.	v. 0_2 At.	n. 5 Min. 0_2 At.	Vp.	v. 0_2 At.	n. 5 Min. 0_2 At.
1	4,30	4,19	1	13,73	13,32
2	4,60	4,39	2	14,18	14,00
3	5,04	4,91	3	14,79	14,41
4	4,30	4,13	4	13,70	13,46
5	4,26	4,03	5	12,72	12,37
M. W.	4,50	4,33	M. W.	13,82	13,51
	3,8 %			2,2 %	

2. Versuchsreihe:

Vp.	v. 0_2 At.	n. 10 Min 0_2 At.	Vp.	v. 0_2 At.	n. 10 Min. 0_2 At.
1	4,30	4,09	1	13,73	13,27
2	4,60	4,34	2	14,18	13,77
3	5,04	4,76	3	14,79	14,26
4	4,30	4,03	4	13,70	13,22
5	4,26	3,96	5	12,72	12,16
M. W.	4,50	4,24	M. W.	13,82	13,34
	5,8 %			3,4 %	

3. Versuchsreihe:

Vp.	Erythroc. in 10^6 v. 0_2 At.	n. 15 Min. 0_2 At.	Vp.	Hb in gr % v. 0_2 At.	n. 15 Min. 0_2 A
1	5,26	4,86	1	16,00	15,50
2	4,65	4,28	2	13,71	12,58
3	4,68	4,38	3	13,74	12,75
4	4,32	3,99	4	13,74	12,95
5	4,69	4,43	5	14,86	14,13
6	4,38	4,15	6	14,11	13,93
7	4,25	4,02	7	13,78	13,41
8	4,48	4,21	8	13,89	13,51
9	4,67	4,51	9	13,76	13,56
10	4,94	4,63	10	15,04	14,51
11	4,26	3,88	11	13,71	13,31
M. W.	4,59	4,30	M. W.	14,21	13,65
	6,3 %			3,9 %	

4. Versuchsreihe:

Vp.	v. 0_2 At.	n. 30 Min. 0_2 At.	Vp.	v. 0_2 At.	n. 30 Min. 0_2 A
1	4,25	4,08	1	14,19	13,78
2	4,53	4,44	2	14,75	14,12
3	4,97	4,81	3	13,61	13,45
4	4,19	4,03	4	12,85	12,60
5	5,03	4,80	5	15,53	15,25
6	4,92	4,79	6	14,36	14,20
7	5,07	4,84	7	14,66	14,33
8	5,04	4,73	8	13,89	13,52
9	5,22	5,15	9	14,38	14,26
10	4,67	4,51	10	14,08	13,78
M. W.	4,79	4,62	M. W.	14,23	13,93
	3,5 %			2,1 %	

5. Versuchsreihe:

Vp.	Erythroc. in 10^6 v. 0_2 At.	n. 60 Min. 0_2 At.	Vp.	Hb in gr % v. 0_2 At.	n. 60 Min. 0_2 At.
1	4,54	4,57	1	14,10	14,00
2	4,84	4,94	2	14,89	15,28
3	4,97	5,02	3	13,94	14,26
4	4,88	4,93	4	14,43	14,32
5	4,62	4,66	5	14,15	14,23
6	4,35	4,40	6	13,66	13,73
M. W.	4,70	4,75	M. W.	14,20	14,30
	1,1 % Z.			0,7 % Z.	

6. Versuchsreihe:

Vp.	v. 0_2 At.	n. 120 Min. 0_2 At.	Vp.	v. 0_2 At.	n. 120 Min. 0_2 At.
1	4,76	4,76	1	14,96	14,93
2	4,06	4,02	2	12,46	12,44
3	4,34	4,36	3	13,29	13,37
4	5,00	4,97	4	15,79	15,83
5	5,29	5,32	5	15,15	15,12
6	4,72	4,71	6	15,35	15,25
M. W.	4,70	4,69	M. W.	14,50	14,49
	0,2 % Abn.			0,1 % Abn.	

Hb_E-Wert in 10^{-12} g

Versuchsdauer	Hb_E in 10^{-12} g	%
5 Min.: 1. v. O_2	30,71	1,6 Zun.
2. n. O_2	31,20	
10 Min.: 1. v. O_2	30,71	2,4 Zun.
2. n. O_2	31,46	
15 Min.: 1. v. O_2	30,96	2,5 Zun.
2. n. O_2	31,74	
30 Min.: 1. v. O_2	29,71	1,5 Zun.
2. n. O_2	30,15	
60 Min.: 1. v. O_2	30,21	0,3 Abn.
2. n. O_2	30,11	
120 Min.: 1. v. O_2	30,85	0,2 Zun.
2. n. O_2	30,90	

Prozentzahlen der Einzelwerte:

5 Min.		10 Min.		60 Min.	
Hb.	Er.	Hb.	Er.	Hb.	Er.
3,0 % ○	2,6 % ○	3,4 % ○	4,9 % ○	0,7 % ○	0,7 % ○
1,3 „ △	4,6 „ △	4,2 „ △	5,7 „ △	2,6 „ △	2,1 „ △
2,6 „ □	2,6 „ □	3,6 „ □	5,6 „ □	2,3 „ □	1,0 „ □
1,7 „ ◊	4,0 „ ◊	3,5 „ ◊	6,3 „ ◊	0,8 „ ◊	1,0 „ ◊
2,8 „ ×	5,4 „ ×	4,4 „ ×	7,0 „ ×	0,6 „ ×	0,9 „ ×
				0,5 „ +	1,1 „ +

15 Min.		30 Min.		120 Min.	
Hb.	Er.	Hb.	Er.	Hb.	Er.
3,1 % ○	7,6 % ○	2,9 % ○	4,0 % ○	0,2 % ○	0,0 % ○
8,2 „ △	8,0 „ △	4,3 „ △	2,0 „ △	0,2 „ △	1,0 „ △
7,3 „ □	6,4 „ □	1,2 „ □	3,2 „ □	0,6 „ □	0,5 „ □
5,7 „ ◊	7,6 „ ◊	1,9 „ ◊	3,8 „ ◊	0,3 „ ◊	0,6 „ ◊
4,9 „ ×	5,5 „ ×	1,8 „ ×	4,6 „ ×	0,2 „ ×	0,6 „ ×
1,3 „ +	5,3 „ +	1,1 „ +	2,6 „ +	0,7 „ +	0,2 „ +
2,7 „ ●	5,4 „ ●	2,2 „ ●	4,6 „ ●		
2,7 „ ▲	6,0 „ ▲	2,7 „ ▲	6,2 „ ▲		
1,5 „ ■	3,4 „ ■	0,8 „ ■	1,3 „ ■		
3,1 „ ◆	6,3 „ ◆	5,0 „ ◆	3,4 „ ◆		
2,9 „ ⧈	8,9 „ ⧈				

Lebenslauf.

Als Tochter des Lehrers Johann Raab und seiner Ehefrau Katharina, geb. Herrmann, wurde ich am 8. Januar 1922 in Offenbach a. M. geboren. Nachdem ich nach dreijährigem Besuch der Grundschule $3^1/_2$ Jahre der Mittelschulklasse meines Vaters angehört hatte, trat ich im Herbst 1934 in die Untertertia der Studienanstalt Offenbach a. M. ein, wo ich Ostern 1939 die Reifeprüfung bestand. Dann widmete ich mich dem Studium der Medizin an der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt a. M. Ostern 1941 bestand ich mein Physikum, im März 1945 das medizinische Staatsexamen.

gez.: Cornelia Raab.

G. Ph. Schaefer G. m. b. H., Offenbach am Main

46/32x4